

УДК 556.537

ИНТЕГРАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ОПАСНОСТИ РАЗМЫВОВ БЕРЕГОВ РЕК ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

© 2025 г. А.А. Куракова

*Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия**E-mail: a.a.kurakova@mail.ru*

Поступила в редакцию 03.02.2025 г.

После доработки 07.05.2025 г.

Принята к публикации 04.06.2025 г.

Проведена оценка опасности русловых процессов (размывов берегов) на средних, больших и крупнейших равнинных реках Западной Сибири. Анализ основан на данных дистанционного зондирования и их ГИС-обработки, а также информации о степени освоенности прибрежных территорий. Интегральная оценка опасности складывалась из типа и степени опасности. Рассмотрены три типа опасности: реальная, потенциальная и отсутствие опасности, которые определялись с учетом наличия антропогенных объектов и размывов берегов. Степень опасности классифицировалась по скоростям размыва и протяженности фронта размыва берегов. Обь и Иртыш демонстрируют как высокую освоенность прибрежных территорий, так и повышенную интенсивность горизонтальных русловых деформаций, а следовательно, и степень опасности, что ведет к значительным рискам разрушения инфраструктуры. Притоки Оби и Иртыша, а также бассейны северных рек имеют преимущественно низкую степень опасности из-за слабой освоенности территорий и невысокой интенсивности горизонтальных русловых деформаций. Полученные результаты позволяют более детально оценить риски русловых процессов, что может быть использовано при планировании природоохранных и инженерных мероприятий для защиты прибрежных территорий и инфраструктуры Западной Сибири.

Ключевые слова: размывы берегов, русловые процессы, интегральная оценка, опасность

DOI: 10.31857/S0869607125030049, EDN: LTEXXW

Введение

Опасные русловые процессы, прежде всего размывы берегов, — неблагоприятные природные явления, которые приводят к разрушению или угрозе разрушения прибрежных территорий с находящимися на них населенными пунктами, объектами инфраструктуры и инженерными коммуникациями, сельскохозяйственными и лесными угодьями, тем самым создавая аварийные ситуации и неблагоприятные условия для жизни и хозяйственной деятельности людей, судоходства, а также экологического состояния речных систем.

Оценка опасности русловых процессов является одним из важных направлений в отечественном русловедении, заключающееся в разработке различных подходов и составлении классификаций и карт [1, 2, 6–9]. В первую очередь опасность проявления русловых процессов оценивалась через устойчивость русла, которая характеризуется от абсолютно устойчивых, где опасность отсутствует (0 баллов) до абсолютно неустойчивых с очень высокой степенью опасности (6 баллов) [6]. Более детально

подходы к оценке опасности русловых процессов описаны в работах [8, 9]. В них на основе в первую очередь размывов берегов (скоростей и протяженности), а также периодичности проявлений горизонтальных русловых деформаций и скорости смещения форм руслового рельефа вместе с оценкой антропогенно обусловленной опасности русловых процессов через вертикальные деформации для рек разного размера были даны баллы опасности и проведено районирование рек России по полученным результатам. В работе [7] опасность русловых процессов уже рассмотрена с точки зрения сложности для безопасного транспортного и водохозяйственного использования реки на примере Оби: через изменение по длине реки устойчивости русла, морфодинамического типа, интенсивности и закономерностей проявлений русловых деформаций.

В США и ряде англоязычных стран для оценок скоростей размыва берегов, а соответственно, опасности и их прогнозирования используют различные индексы. Наиболее распространенными являются БЕНІ (Bank Erosion Hazard Index — индекс опасности береговой эрозии), рассчитывающийся в отдельных створах реки, и NBS (Near Bank Stress — индекс воздействия касательного напряжения) для русловых форм [10–12]. В каждом из индексов назначаются классы опасности, наивысшим из которых является экстремальное развитие русловых деформаций. Изначально индексы использовались в программах для рекультивации участков рек с целью восстановления естественного баланса наносов и улучшения экологического состояния водной среды. Для расчета используется большой объем данных: морфометрия русла, тип береговых отложений растительности, уровень руслонаполняющего расхода и т.п. Все это часто требует масштабных полевых работ, но тем не менее данные индексы хорошо зарекомендовали себя при разработке региональных зависимостей скорости отступления берегов в разных природных условиях и разделении их по степени опасности.

Проведенное исследование является продолжением выполненных ранее работ в этом направлении, посвященных лесной части Обь-Иртышского бассейна [3, 5]. Но в данной работе не только была расширена география, включив в себя всю Обь, Иртыш в пределах России и их некоторые новые притоки, а также бассейны северных рек — Надыма, Пура и Таза, но и несколько переработан подход к оценке опасных русловых процессов (размывов берегов), включающий определение не только ее степени через баллы, но и типа опасности. Предлагаемый подход позволяет не только проводить оценку рек разного размера на значительном их протяжении, но и использовать легко доступные данные дистанционного зондирования Земли и различных баз данных, обрабатываемых при помощи ГИС, без проведения порой трудоемких полевых работ.

Объекты и методика

Определение опасности русловых процессов проводилось на средних, больших и крупнейших равнинных реках Западной Сибири (табл. 1)

Для исследуемых рек характерно широкое распространение размываемых берегов, обусловленное свободными условиями развития русловых деформаций за счет повсеместного распространения рыхлых, легкоразмываемых отложений, слагающих берега.

Размывы берегов были получены на основе обработки и дешифрирования космических снимков при помощи ГИС-инструментов. Подробно методика определения размывов берегов представлена в работе [3].

Таблица 1. Основные характеристики рек Западной Сибири**Table 1.** Main characteristics of rivers in Western Siberia

Река	Участок	L, км	F, тыс. км ²	W, км ³ /год	R+G, млн т/год
Обь	от слияния Бии и Катунь до г. Салехарда	3660	2 990	411	20.69
Иртыш	от гос. границы до слияния с Обью	4212	1 643	90.0	17
Надым	208-0 км	545	64	14.6	R = 0.33–0.4
Пур	395-0 км	389	112	28.4	R = 0.715
Таз	405-0 км	1401	150	33.5	R = 0.507
Томь	379-0 км	798	61.03	34.7	3.83
Чулым	400-0 км	1799	134	24.8	R = 2.14
Кеть	556-0 км	1621	94.2	17.7	н/д
Тым	311-0 км	930	47.6	7.57	н/д
Вах	771-0 км	964	76.7	16.6	н/д
Тромъеган	389-0 км	581	55.6	13.4	н/д
Аган	373-0 км	544	32.2	8.2	н/д
Лямин	277-0 км	420	14.0	3.2	н/д
Назым	91-0 км	422	15.2	2.7	н/д
Казым	444-0 км	710	35.6	9.4	н/д
Куноват	49-0 км	362	12.3	3.5	н/д
Полуй	397-0 км	635	21.0	5.4	н/д
Парабель	246-0 км	308	25.5	3.9	н/д
Васюган	470-0 км	1082	61.8	10.9	н/д
Большой Юган	294-0 км	1063	34.1	4.7	н/д
Северная Сосьва	153-0 км	754	98.3	27.0	н/д
Демьянка	311-0 км	1160	38.4	5.0	н/д
Ишим	224-0 км	2450	177	2.6	R = 0.6
Тобол	434-0 км	1591	426	25.6	1.6
Тура	659-0 км	1030	80.4	5.58	н/д
Тавда	730-0 км	719	91.0	14.6	н/д
Конда	735-0 км	1097	73.4	10.4	н/д
Хейгияха	89-0 км	243	7.9	2.2	н/д
Левая Хетта	88-0 км	357	11.3	3.3	н/д
Евояха	96-0 км	201	3.9	н/д	н/д
Русская	104-0 км	280	5.1	н/д	н/д

Все реки были разделены на равные участки (длина участка колебалась в зависимости от протяженности реки, но в основном составляла от 9.7 до 11.1 км), для которых рассчитывалась интегральная оценка опасности русловых процессов. Интегральная оценка включала в себя тип и степень опасности. Тип опасности определялся по наличию или отсутствию различных антропогенных объектов в пределах приречных территорий (ширина рассматриваемой территории слева и справа от русла варьировалась от 500 м для средних рек и до 2 км для Оби) и размывов берегов. На основе этого могло быть три варианта типа опасности: реальная (в пределах участка реки наблюдаются размывы берегов и есть площадные или линейные объекты, которые подвергаются или могут быть подвержены разрушению); потенциальная (в пределах участка реки есть размывы берегов, но нет никакой инфраструктуры, но может быть в будущем построена; либо имеют объекты, но размывов берегов не обнаружено, но которые также могут проявиться в будущем); отсутствие опасности ввиду и ограниченных условий развития русла, и какого-либо освоения территории.

Степень опасности была определена на основе характеристик размыва берегов в пределах участка реки: средняя скорость (C_{cp} , м/год), максимальная скорость (C_{max} , м/год) и относительная протяженность фронта размыва ($L_{фр}$, %). Каждая из характеристик имеет свою градацию в зависимости от степени негативного влияния (табл. 2): от 0 (отсутствие размывов) до 5 (интенсивные и протяженные размывы). Унифицированные градации разделения средних и максимальных скоростей, а также относительной протяженности размыва берегов на равные интервалы для разных по размеру рек Западной Сибири были проведены на основе полученных данных о размывах их берегов. Дополнительно было учтено, что в большинстве случаев скорости размыва берегов средних рек относительно невелики, в то время как на больших и крупнейших реках исследуемой территории они могут быть достаточно высоки и даже иметь экстремальные значения, в то же время в раздвоенном русле Оби рукава могут быть по водности и интенсивности проявлений русловых деформаций сопоставимы со одной из ее притоков. Все это позволяет сопоставлять их между собой. Нулевой балл присваивался тем участкам, где скорости размыва берегов отсутствуют либо в силу геолого-геоморфологических условий (например, врезанное русло), либо не определяются ввиду пространственного (от 1.8 до 30 м) и временного разрешения (от 30 до 50 лет), а следовательно, они настолько незначительны, что не могут быть выявлены. От 1 до 4 баллов присваивалось при последовательном возрастании средних и максимальных скоростей, а также относительной протяженности размыва берегов. Максимальный балл (5) обычно присваивался тем участкам, где проявлялись экстремальные размывы берегов или значительные по протяженности, как, например, в районе г. Колпашево или с. Сытомино на средней Оби, или на излуцинах Иртыша выше и ниже впадения р. Конды.

Полученные по каждой характеристике баллы складываются, после чего в зависимости от их итоговой суммы участку присваивается степень опасности: до 3 баллов — очень низкая, от 4 до 6 баллов — низкая, от 7 до 9 баллов — умеренная, от 10 до 12 баллов — высокая, от 13 до 15 баллов — очень высокая.

Для определения степени освоенности приречных территорий выделялись следующие категории антропогенных объектов на основе данных OpenStreetMap: линейный объекты (ж/д дороги, ЛЭП, трубопроводы и автомобильные дороги) и площадные объекты (ООПТ, населенные пункты, аэропорты и территории землепользования, к которым относятся земли как с/х назначения, промышленные территории, зоны отдыха и т.д.). Данные представлены в табл. 3.

Представленный подход к интегральной оценке опасности русловых процессов (размывов берегов) с одной стороны отличается от уже существующих тем,

Таблица 2. Характеристики степени опасности русловых процессов на реках Западной Сибири**Table 2.** Characteristics of the level of dangerous channel processes in the rivers of Western Siberia

Балл	Характеристика размыва берегов		
	$C_{\text{ср}}$, м/год	$C_{\text{макс}}$, м/год	$L_{\text{фр}}$, %
0	<1	<1	0
1	1–2	1–4	0–10
2	2–3	4–7	10–20
3	3–4	7–10	20–30
4	4–5	10–13	30–40
5	>5	>13	>40

Таблица 3. Освоенность приречных территорий Западной Сибири**Table 3.** Economic facilities within the riverine territories of Western Siberia

№	Категория	Протяженность, км / площадь, км ²
1	Ж/д дороги	464 км
2	ЛЭП	1818 км
3	Трубопроводы	798 км
4	Автомобильные дороги	18668 км
5	ООПТ	605 км ²
6	Аэропорты	2 км ²
7	Населенные пункты	1148 км ²
8	Территории землепользования	550 км ²

что наравне со степенью опасности предлагает включать и ее тип, в то же время оценка опасности, основанная только на скорости и протяженности размыва берегов, обусловлена относительной простотой получаемых данных характеристик и их дальнейшей обработкой и расчетов.

Результаты

Анализ освоенности приречных территорий рек Западной Сибири показал, что из линейных объектов в пределах приречных пространств самыми протяженными являются автомобильные дороги (почти 19 тыс. км), им значительно уступают по протяженности ЛЭП (почти 2 тыс км), трубопроводы (около 800 км), меньше всего распространены ж/д дороги (менее 500 км). Из площадных объектов больше всего распространены населенные пункты (более 1100 км²), на втором месте — ООПТ (более 600 км²) и земли различных категорий (более 500 км²), реже встречаются территории, относящиеся к аэропортам (2 км²). Наибольшая плотность рассматриваемых объектов хозяйственной деятельности человека приурочена к Оби (особенно выше Новосибирского гидроузла, а также ее широтный участок) и Иртышу, а также некоторым их притокам (Томь, Васюган, реки бассейна Тобола, Конда, Тромъеган, Аган, Полуй). К северу освоенность территории значительно снижается.

Для равнинных рек Западной Сибири средние скорости размыва берегов колеблются в широких пределах: от 1 м/год на средних реках до 7 м/год и более на крупнейших (Обь и Иртыш) и в низовьях некоторых больших рек (Томь, Чулым, Тобол и т.д.) [4].

Совокупный анализ проявлений горизонтальных русловых деформаций и освоённости территории по вышеприведенным подходам позволил получить данные об опасности русловых процессов на реках Западной Сибири (рис. 1).

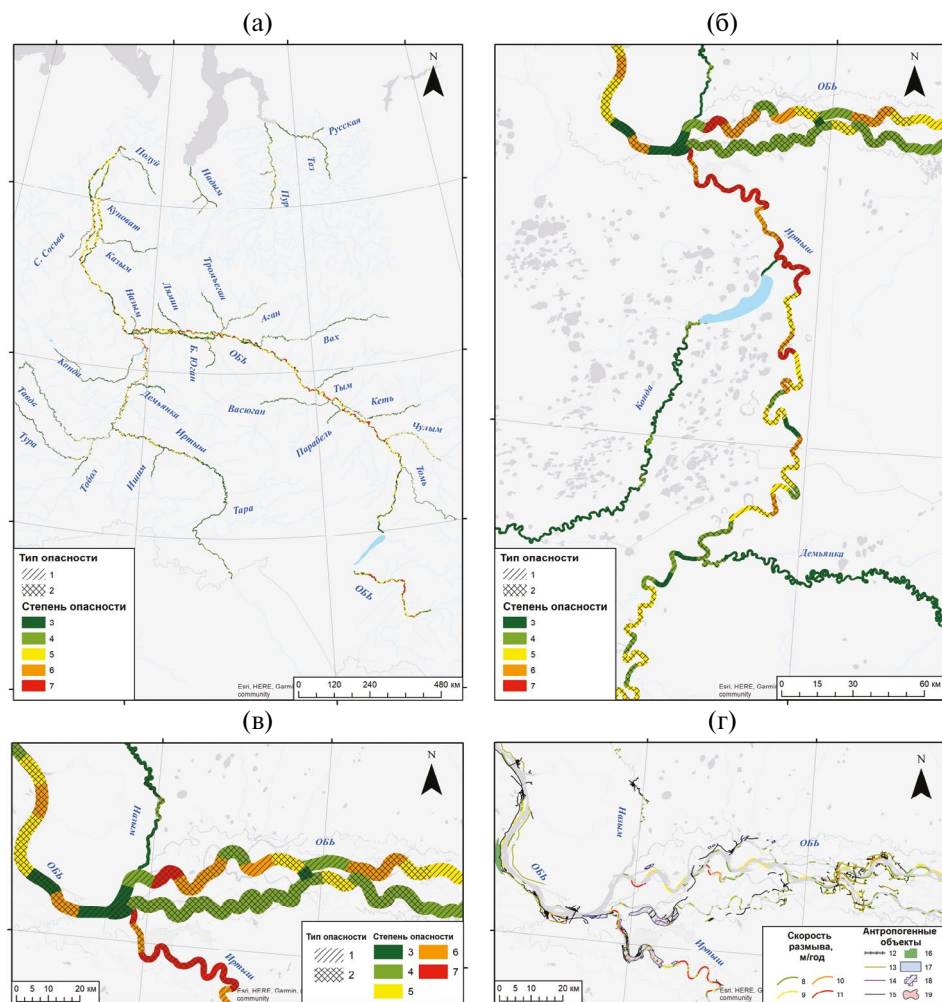


Рис. 1. Интегральная оценка опасности русловых процессов на реках Западной Сибири: а — вся территория, б, в, г — фрагменты. Тип опасности: 1 — потенциальная, 2 — реальная; степень опасности: 3 — очень низкая, 4 — низкая, 5 — умеренная, 6 — высокая, 7 — очень высокая; скорость размыва берегов: 8 — 1–3 м/год, 9 — 3–5 м/год, 10 — 5–7 м/год, 11 — > 7 м/год; антропогенные объекты: 12 — ж/д дороги, 13 — ЛЭП, 14 — трубопроводы, 15 — автодороги, 16 — ООПТ, 17 — аэропорты, 18 — населенные пункты, 19 — территории землепользования.

Fig. 1. Integral hazard assessment of channel processes in the rivers of Western Siberia: а — the whole territory, б, в, г — the fragment. Type of hazard: 1 — potential, 2 — real; degree of hazard: 3 — very low, 4 — low, 5 — moderate, 6 — high, 7 — very high; bank erosion rate: 8 — 1–3 m/year, 9 — 3–5 m/year, 10 — 5–7 m/year, 11 — > 7 m/year; anthropogenic objects: 12 — railways, 13 — power lines, 14 — pipelines, 15 — motorways, 16 — protected areas, 17 — airports, 18 — settlements, 19 — land use territories.

Обсуждение

Анализ типа опасности русловых процессов на реках Западной Сибири показал, что на крупнейших реках — Обь и Иртыш — преобладает реальная опасность (69 и 61%) (рис. 2а, б). При этом на Оби почти треть русла характеризуется потенциальной опасностью, тогда как для Иртыша, наоборот, 26% его протяженности безопасны в отношении проявления опасных русловых процессов. На больших реках, таких как Надым, Пур и Таз, широко распространена потенциальная опасность (от 66 до 79%) (рис. 2в), как и на средних реках, например на реках Обь-Иртышского междуречья, имеющих от 50 до 74% своей протяженности с данным типом опасности (рис. 2г), а иногда и более (до 90%). Реальная опасность на средних и больших реках обычно проявляется не более чем на трети их длины.

Степень опасности также различается на разных реках Западной Сибири. На Оби встречается весь диапазон опасности: от очень низкой до очень высокой (рис. 3а). При этом более трети русла характеризуется умеренной степенью опасности. На Иртыше также степень опасности изменяется в широких пределах, но большая часть приходится на очень низкую и низкую степень опасности (более 60%) (рис. 2б). На больших и средних реках бассейна также чаще всего встречается очень низкая и низкая степень опасности (иногда более 90%) (рис. 2в, г), только на больших реках, например Надым, Пур, Таз, Чулым, Тобол, наблюдаются участки с умеренной и даже порой высокой степенью опасности.

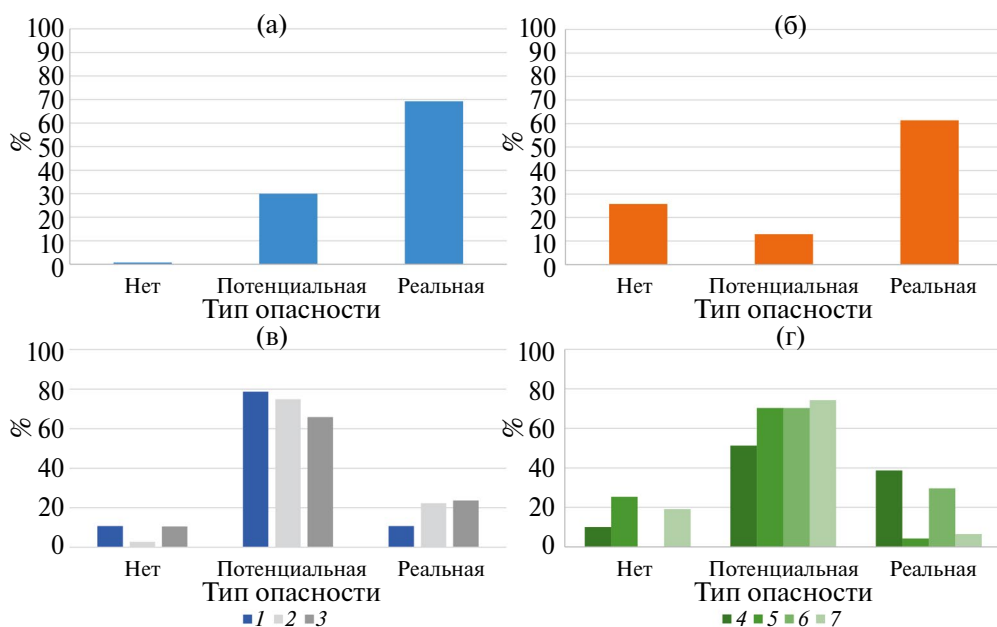


Рис. 2. Распределение типа опасности русловых процессов на реках Западной Сибири: а — Обь, б — Иртыш, в — северные реки (1 — Надым, 2 — Пур, 3 — Таз), г — средние реки Обь-Иртышского междуречья (4 — Большой Юган, 5 — Васюган, 6 — Парабель, 7 — Демьянка).

Fig. 2. Distribution of hazard types of channel processes in the rivers of Western Siberia: а — Ob, б — Irtysh, в — northern rivers (1 — Nadym, 2 — Pur, 3 — Taz), г — middle rivers of the Ob-Irtysh interfluvium (4 — Bolshoy Yugan, 5 — Vasyugan, 6 — Parabel, 7 — Demyanka).

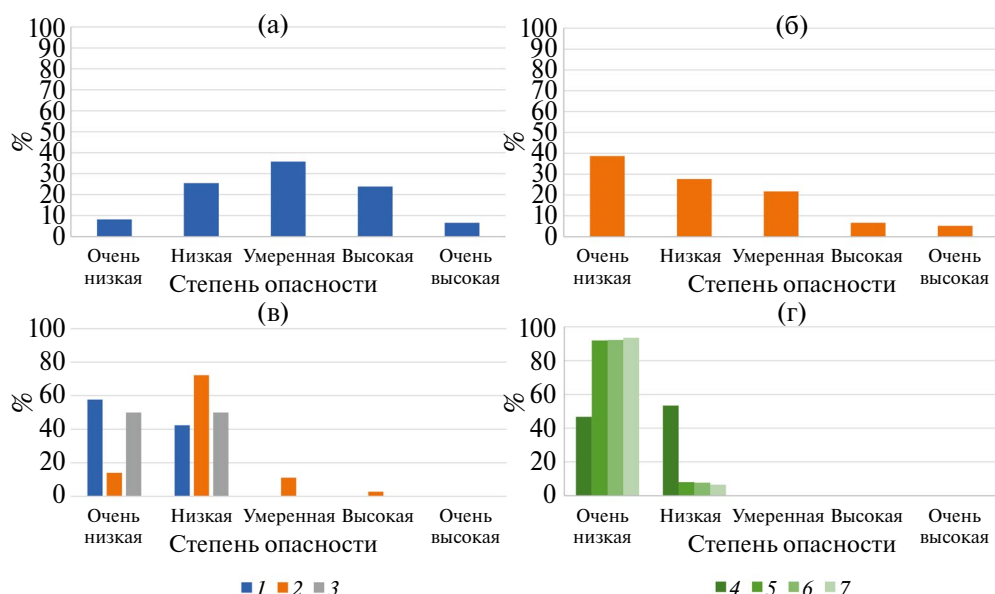


Рис. 3. Распределение степени опасности русловых процессов на реках Западной Сибири: а — Обь, б — Иртыш, в — северные реки (1 — Надым, 2 — Пур, 3 — Таз), г — средние реки Обь-Иртышского междуречья (4 — Большой Юган, 5 — Васюган, 6 — Парабель, 7 — Демьянка).

Fig. 3. Distribution of the degree of hazard of channel processes in the rivers of Western Siberia: а — Ob, b — Irtysh, c — northern rivers (1 — Nadym, 2 — Pur, 3 — Taz), d — middle rivers of the Ob-Irtysh interfluvium (4 — Bolshoy Yugan, 5 — Vasyugan, 6 — Parabel, 7 — Demyanka).

Широкое распространение высоких скоростей размыва берегов (максимальные скорости могут достигать более 20 м/год) на Оби и относительная неустойчивость ее русла ($L = 5-10$), а также достаточно высокая освоенность ее прибрежных территорий обуславливают результаты, полученные в ходе интегральной оценки опасности: более 60% русла Оби имеют реальную опасность со степенью умеренная и выше. При анализе изменения типа и степени опасности русловых процессов по длине Оби нельзя выделить какой-либо направленный тренд. Это объясняется, с одной стороны, постоянными изменениями условий формирования русла: геолого-геоморфологические условия, взаимодействие с коренными берегами, ширина поймы и рассредоточения стока по ней, а также рукавам разветвлений и раздвоенного русла в среднем и нижнем течении, постоянная смена морфодинамического типа Оби и параметров ее форм русла и другие факторы, в том числе и антропогенные, такие как создание Новосибирского водохранилища. Отмечается некоторое снижение степени опасности в рукавах раздвоенного русла средней и нижней Оби за счет рассредоточения стока и резкого расширения поймы, а также при подходе либо рукавов, либо основного русла Оби к коренным берегам. Для нижнего течения также отмечается, ввиду меньшей освоенности, увеличение потенциальной опасности по сравнению со средней и верхней Обью, где преобладает реальная.

Для Иртыша, несмотря на то что более половины (61%) протяженности его русла характеризуется реальной опасностью ввиду хорошей заселенности берегов (против 26%, где опасность вовсе отсутствует), только больше трети (почти 34%) длины име-

ет степень опасности умеренную и выше. Это также объясняется в первую очередь природными условиями формирования русла, влияющими на распространение размывов берегов и их интенсивность. В пределах России среднее и нижнее течение Иртыша характеризуется постоянным изменением геолого-геоморфологических условий (расширение и сужение дна речной долины, периодическое влияние коренных берегов), а также вначале слабым нарастанием водоносности в пределах степи и лесостепи (до впадения р. Тары) и ее более интенсивным ростом ниже по течению в пределах лесной зоны (в том числе за счет впадения таких крупных притоков, как Тобол и Конда). Поэтому, несмотря на некоторое варьирование интенсивности горизонтальных русловых деформаций, в целом прослеживается общий тренд на увеличение средних и максимальных скоростей размыва, а вслед за этим и степени опасности к устью: высокая опасность преимущественно, а очень высокая только встречаются в нижнем течении. Именно здесь ширина поймы достигает максимальных значений, влияние коренных берегов минимально, а Иртыша за счет впадения притоков переходит в ранг крупнейших рек.

Притоки Оби, Иртыша, а также северные реки — Надым, Пур и Таз — ввиду меньшей освоенности их бассейнов характеризуются преимущественно потенциальной опасностью, исключение составляет рассмотренный участок Тобола (от устья Исети до устья), где почти 70% длины — реальная опасность. Отмечается также, что различие в долях типов опасности между северными и южными реками отсутствует. Сниженные по сравнению с крупнейшими реками скорости размыва берегов, которые редко превышают 3 м/год, обуславливают преобладание очень низкой и низкой степени опасности. Анализ изменения степени опасности по длине рек показывает две закономерности. Для одних рек (Кеть, Большой Юган, Казым, Тавда, Тура) характерно на фоне увеличения интенсивности горизонтальных русловых деформаций к устью возрастание и степени опасности русловых процессов в том же направлении. Другие — Чулым, Тобол, Пур, Аган, Таз — из-за проявления по их длине интенсивных размывов берегов характеризуются локальным повышением степени опасности.

Заключение

Анализ опасных русловых процессов (размывов берегов) на средних, больших и крупнейших равнинных реках Западной Сибири показал их изменчивость по территории и значительное влияние на прибрежные территории. Результаты интегральной оценки степени опасности свидетельствуют о существенных различиях в развитии опасных русловых процессов на разных реках. Обь и Иртыш демонстрируют как высокую освоенность прибрежных территорий, так и повышенную интенсивность горизонтальных русловых деформаций, а следовательно, и степень опасности, что ведет к значительным рискам разрушения инфраструктуры. В то же время северные реки и большинство притоков Оби и Иртыша характеризуются более низкой степенью опасности вследствие меньшей освоенности и сниженных скоростей размыва берегов. На крупнейших реках, таких как Обь и Иртыш, преобладает реальная опасность, тогда как для средних и больших рек характерна преимущественно потенциальная опасность. Проведенная оценка опасности русловых процессов и полученные результаты показывают возможность ее использования, а полученные данные могут быть использованы для оценки рисков и планирования мероприятий по защите берегов и инфраструктуры в пределах рек Западной Сибири.

Благодарности

Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского научного фонда № 23-77-01006.

Список литературы

1. Беркович К.М., Чалов Р.С., Чернов А.В. Экологическое русловедение // М.: ГЕОС, 2000. 332 с.
2. Завадский А.С., Чалов С.Р., Чернов А.В., Головлев П.П., Морейдо В.М., Белякова П.А. Морфодинамика русел и баланс наносов рек бассейна Селенги (Монголия—Россия) // Эрозия почв и русловых процессов. М.: Географ. ф-т МГУ, 2019. Вып. 21. С. 149—170.
3. Куракова А.А. Гидролого-морфодинамический анализ русел и опасные проявления русловых процессов на равнинных реках Обь-Иртышского бассейна (лесная зона): автореф. дис. ... кан. геогр. наук. М, 2022. 28 с.
4. Куракова А. А. Ландшафтно-гидрологическое районирование равнинной территории Западной Сибири и его применение для анализа размывов берегов рек // География и природные ресурсы. 2024. № 4. С. 99—110. <https://doi.org/10.15372/GIPR20240410>
5. Куракова А. А. Оценка опасных проявлений горизонтальных русловых деформаций на реках Обь-Иртышского бассейна // Водные ресурсы. 2023. Т. 50, № 6. С. 686—700. <https://doi.org/10.31857/S0321059623600254>
6. Чалов Р.С. Русловедение: теория, география, практика. Т. 3. Антропогенные воздействия, опасные проявления и управление русловыми процессами // М.: КРАСАНД, 2019. 640 с.
7. Чалов Р.С., Рулева С.Н., Камышев А.А., Беркович К.М., Завадский А.С., Михайлова Н.М. Верхняя и средняя Обь: русловые процессы и оценка условий управления ими // Эрозия почв и русловые процессы. М.: Географ. ф-т МГУ, 2018. Вып. 20. С. 149—195.
8. Чалов Р.С., Чернов А.В., Беркович К.М., Михайлова Н.М. География опасных проявлений русловых процессов на реках России // Изв. РГО. 2017. Т. 149. № 4. С. 13—32.
9. Чалов Р.С., Чернов А.В., Михайлова Н.М. Опасность русловых процессов на реках России: критерии оценки, картографирование, региональный анализ // Географический вестник. 2021. № 1 (56). С. 53—67. <https://doi.org/10.17072/2079-7877-2021-1-53-67>
10. Rosgen D.L. A practical method of computing streambank erosion rate // Proceedings of the Seventh Federal Interagency Sedimentation Conference. 2001. Vol. 2. P. 9—15.
11. Sapkota S., Tamrakar N.K. Bank erosion and lateral instability hazard status of Kodku Khola, southeast Kathmandu, central Nepal // Journal of Nepal Geological Society. 2016. № 50(1). P. 95—103. <https://doi.org/10.3126/jngs.v50i1.22869>
12. Simpson A., Turner I., Brantley E., Helms B. Bank erosion hazard index as an indicator of near-bank aquatic habitat and community structure in a southeastern Piedmont stream // Ecological Indicators. 2014. Vol. 43. P. 19—28. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2014.02.002>

Methodology of assessment of dangerous channel processes in rivers of Western Siberia**A.A. Kurakova***Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia**E-mail: a.a.kurakova@mail.ru*

Received 03.02.2025

Revised 07.05.2025

Accepted 04.06.2025

An integral assessment of the hazard of channel processes on medium, large and largest lowland rivers of Western Siberia has been carried out. The analysis is based on remote sensing data and their GIS processing, as well as information on the level of development of coastal areas. The integral hazard assessment was based on the type and degree of hazard. Three types of hazard were considered: real, potential and no hazard, which were defined taking into account the presence of anthropogenic objects and bank erosion. The degree of hazard was classified according to scour rates and the length of the bank failure front. The Ob and Irtysh Rivers show both a high level of coastal development and an increased intensity of horizontal channel deformation, and hence the level of hazard, leading to a significant risk of infrastructure failure. The Ob and Irtysh tributaries, as well as the northern river basins, have a predominantly low hazard level due to low development of the areas and low intensity of horizontal channel deformations. The results obtained allow for a more detailed assessment of the risks of channel processes, which can be used in the planning of environmental and engineering measures for the protection of the coastal territories and infrastructure of Western Siberia.

Keywords: bank erosion, fluvial processes, integral assessment, hazard

References

1. Berkovich K.M., Chalov R.S., Chernov A.V. Ecological channel science // M.: GEOS, 2000. 332 p. (in Russian)
2. Zavadsky A.S., Chalov S.R., Chernov A.V., Golovlev P.P., Moreido V.M. Morphodynamics of riverbeds and sediment balance of rivers of the Selenga basin (Mongolia-Russia) // Soil erosion and channel processes. Moscow: Geograf. faculty of Moscow State University, 2019. Vy. 21. P. 149–170. (in Russian)
3. Kurakova A.A. Hydrological and morphodynamic analysis of riverbeds and dangerous processes of fluvial processes in the wide floodplain rivers of the Ob-Irtysh basin (forest zone): PhD thesis in Geography, Moscow, 2022, 28 p. (In Russian).
4. Kurakova A.A. Landscape-hydrological zoning of the flat areas of Western Siberia and its application in the analysis of river bank erosion // Geography and Natural Resources. 2024. Vol. 45, no. 4. P. 397–409. <https://doi.org/10.1134/S1875372824700720>
5. Kurakova A.A. Assessing hazardous manifestations of horizontal channel deformations in rivers of the Ob–Irtysh basin. Water Resources. 2024. Vol. 50. P. 828–84. <https://doi.org/10.1134/S0097807823700124>
6. Chalov R.S. Ruslovedenie: teoriya, geografiya, praktika. T. 3. Anthropogenic impacts, hazardous manifestations and management of channel processes // M.: KRASAND, 2019. 640 p. (in Russian)
7. Chalov R.S., Rulyova S.N., Kamyshev A.A., Berkovich K.M., Zavadsky A.S., Mikhailova N.M. Upper and Middle Ob: channel processes and assessment of their management conditions. Soil erosion and channel processes. Moscow: Geograf. faculty of Moscow State University, 2018. Vy. 20. P. 149–195. (in Russian)

8. Chalov R.S., Chernov A.V., Berkovich K.M., Mikhailova N.M. Geography of hazardous channel processes on Russian rivers. *Proceedings of the Russian Geographical Society*. 2017. Vol. 149, no. 4. P. 13–33. (in Russian)
9. Chalov R.S., Chernov A.V., Mikhailova N.M. Danger of channel processes on the rivers of Russia: assessment criteria, mapping, regional analysis. // *Geographical bulletin*. 2021. No. 1 (56). P. 53–67. <https://doi.org/10.17072/2079-7877-2021-1-53-67>
10. Rosgen D.L. A practical method of computing streambank erosion rate // *Proceedings of the Seventh Federal Interagency Sedimentation Conference*. 2001. Vol. 2. P. 9–15.
11. Sapkota S., Tamrakar N. K. Bank erosion and lateral instability hazard status of Kodku Khola, southeast Kathmandu, central Nepal // *Journal of Nepal Geological Society*. 2016. № 50(1). P. 95–103. <https://doi.org/10.3126/jngs.v50i1.22869>
12. Simpson A., Turner I., Brantley E., Helms B. Bank erosion hazard index as an indicator of near-bank aquatic habitat and community structure in a southeastern Piedmont stream // *Ecological Indicators*. 2014. Vol. 43. P. 19–28. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2014.02.002>